

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

REC'D 04 FEB 2000

WIPO

PCT

09/889626

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 24 JAN. 2000

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA REGLE  
17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

#### SIEGE

26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30



•  
•  
•



\_\_\_\_\_



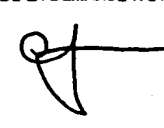
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES <b>19 JAN 1999</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL <b>99 00521</b> DÉPARTEMENT DE DÉPÔT <b>75</b> DATE DE DÉPÔT <b>19 JAN. 1999</b>		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  <b>CABINET LAVOIX</b> <b>2 Place d'Estienne d'Orves</b> <b>75441 PARIS CEDEX 09</b>	
2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> certificat d'utilité n°		n° du pouvoir permanent <b>BFF 98/0508</b> références du correspondant <b>53-20-14-20</b> téléphone	
Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non		date	
Titre de l'invention (200 caractères maximum) <b>PROCEDE DE TRAITEMENT D'UNE BANDE MINCE METALLIQUE FRAGILE ET PIECES MAGNETIQUES REALISEES A PARTIR D'UNE BANDE EN ALLIAGE NANOCRISTALLIN.</b>			
3 DEMANDEUR (S) n° SIREN Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination  <b>IMPHY UGINE PRECISION</b>		code APE-NAF Forme juridique	
Nationalité (s) <b>Française</b> Adresse (s) complète (s) <b>Immeuble La Pacific La Défense 7 11-13 Cours Valmy 92800 PUTEAUX</b>		Pays <b>FR</b>	
En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre <input type="checkbox"/>			
4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée			
5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission			
6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande			
7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date			
8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire) <b>CABINET LAVOIX</b> <b>M. MONCHENY n° 92.1179</b> <i>N. Monchény</i>		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI  	



# BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITE

## DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

### DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 00521

### TITRE DE L'INVENTION :

**PROCEDE DE TRAITEMENT D'UNE BANDE MINCE  
METALLIQUE FRAGILE ET PIECES MAGNETIQUES REALISEES A PARTIR D'UNE  
BANDE EN ALLIAGE NANOCRISTALLIN.**

### LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

**IMPHY UGINE PRECISION**

**Immeuble La Pacific La Défense 7 11-13 Cours Valmy**

**92800 PUTEAUX FRANCE**

### DÉSIGNED(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

**REYAL Jean-Pierre**

**31 rue des Etourneaux**

**95610 ERAGNY FRANCE**

**SCHMIT Francis**

**541 rue du Val**

**60250 ANSACQ FRANCE**

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

**Paris, le 19 Février 1999**

**CABINET LAVOIX**

**M. MONCHENY n° 92.1179**

*A. Monchény*

L'invention concerne un procédé de traitement d'une bande mince métallique fragile et des produits obtenus à l'issue du traitement de la bande qui peut comporter des opérations de mise en forme telles qu'un découpage. En particulier, le procédé est relatif à l'obtention par découpage dans  
5 une bande métallique à structure nanocristalline, de pièces à usage magnétique.

On a proposé de fabriquer des bandes minces en alliage magnétique et en particulier en alliage à haute perméabilité, qui présentent une structure constituée principalement de grains très fins dans une matrice amorphe dont  
10 la taille peut être comprise par exemple entre 1 et 100 nm. De tels alliages sont appelés alliages nanocristallins.

Les matériaux métalliques nanocristallins sont obtenus, sous forme de bandes minces, par exemple d'une épaisseur de l'ordre de 20  $\mu\text{m}$ , à partir de bandes ou rubans amorphes réalisés par coulée et refroidissement rapide d'un métal liquide sur un cylindre ou entre deux cylindres refroidis.  
15 Les bandes ou rubans amorphes sont traités thermiquement par maintien à une température de l'ordre de 550°C pendant une durée de l'ordre d'une heure, de manière qu'ils développent une structure nanocristalline, dans une partie substantielle, par exemple supérieure à 50 %, de leur volume.

20 Ce traitement thermique peut être précédé par des traitements thermiques préalables à des températures inférieures, par exemple de l'ordre de 200°C.

Lorsqu'on réalise la coulée, le refroidissement puis le traitement thermique d'alliages à base de fer magnétiquement doux, on peut obtenir, à partir de la bande à l'état nanocristallin, des produits tels que des noyaux de circuit magnétique, présentant d'excellentes propriétés magnétiques qui ne peuvent être obtenues généralement, dans le cas de matériaux dont la structure est différente d'une structure nanocristalline.  
25

Cependant, un inconvénient des bandes ou rubans ayant une structure nanocristalline est que ces bandes ou rubans sont d'une très grande fragilité de telle sorte que la moindre sollicitation mécanique provoque une rupture de la bande ou ruban. Il n'est même pas possible de manipuler les bandes ou rubans de structure nanocristalline sans prendre de très grandes  
30

précautions, du fait que des contraintes, même très faibles, induites dans la bande conduisent à sa rupture fragile. Le seul procédé connu actuellement pour fabriquer des composants magnétiques tels que des noyaux magnétiques, à partir de bandes à structure nanocristalline, consiste à enrouler la  
5 bande d'alliage magnétique à l'état amorphe, puis de traiter thermiquement cette bande à la température à laquelle se développe la structure nanocristalline. Le traitement thermique peut être réalisé éventuellement sous champ magnétique pour modifier le cycle d'hystérésis de ces alliages nanocristallins.

10 Il n'est donc pas possible actuellement de fabriquer des composants magnétiques nanocristallins par des opérations de traitement mécanique ou d'usinage comportant, par exemple, un découpage.

L'obtention, à partir de bandes en alliage magnétique nanocristallin, de composants magnétiques ayant un contour dont la forme géométrique est bien définie présente un très grand intérêt. En particulier, il serait extrê-  
15 mement intéressant de pouvoir fabriquer, à partir de bandes nanocristallines, des pièces magnétiques ayant la forme de rondelles, des formes en U ou en E ou encore des pièces ayant des formes complexes utilisées pour l'horlogerie.

20 De manière plus générale, il peut être extrêmement intéressant de disposer d'un procédé permettant le traitement d'une bande mince métallique fragile, d'une épaisseur faible, généralement inférieure à 0,1 mm, le traitement de la bande mettant en œuvre au moins une étape dans laquelle la bande fragile est soumise à des contraintes, notamment de découpage ou  
25 de pliage.

Le but de l'invention est donc de proposer un procédé de traitement d'au moins une bande mince métallique fragile ayant une épaisseur inférieure à 0,1 mm, comportant au moins une étape dans laquelle la bande mince est soumise à des contraintes, ce procédé permettant d'éviter des  
30 risques de rupture de la bande fragile pendant son traitement et d'obtenir en particulier des pièces de forme géométrique précise et/ou complexe à partir de la bande mince fragile.



Dans ce but, préalablement à l'étape du procédé dans laquelle la bande mince est soumise à des contraintes, on recouvre au moins une face de la bande par une couche de revêtement comportant au moins un matériau polymère de manière à obtenir sur la bande une couche adhérente d'une épaisseur comprise entre 1 et 100  $\mu\text{m}$ , modifiant les propriétés de déformation et de rupture de la bande mince métallique et on réalise l'étape du procédé dans laquelle la bande est soumise à des contraintes, sur la bande recouverte de la couche de revêtement.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, la mise en œuvre d'un procédé suivant l'invention, pour la réalisation par découpage de composants magnétiques, à partir d'une bande en un alliage magnétique nanocristallin.

La figure 1 est une vue schématique en élévation latérale d'une installation pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention et suivant un premier mode de réalisation.

La figure 2 est une vue schématique en élévation latérale d'une installation pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention et suivant un second mode de réalisation.

Les figures 3 et 4 sont des vues en élévation latérale d'installations permettant de mettre en œuvre deux phases successives d'un procédé de traitement suivant l'invention et suivant un troisième mode de réalisation.

La figure 5 est une vue latérale en élévation d'une installation permettant la mise en œuvre du procédé suivant l'invention et suivant un quatrième mode de réalisation.

Les figures 6A, 6B et 6C sont des vues en perspective de pièces de transformateurs obtenues par un procédé selon l'invention comportant une étape de découpage d'une bande magnétique mince nanocristalline.

Les figures 7A, 7B et 7C sont des vues en perspective de noyaux magnétiques toriques obtenus par un procédé de traitement suivant l'invention comportant une étape de découpage.

La figure 8 est une vue en perspective d'un composant d'un circuit électrique obtenu par un procédé de traitement suivant l'invention de bandes minces nanocristallines.

5 Les figures 9A, 9B, et 9C sont des vues schématiques montrant trois phases successives de la mise en œuvre d'un procédé de traitement suivant l'invention comportant une étape de découpage chimique.

La figure 10 est une vue de dessus montrant un ensemble de pièces obtenues par un procédé suivant l'invention mettant en œuvre un découpage chimique.

10 Les figures 11A, 11B, 11C, 11D et 11 E sont des vues schématique montrant les phases successives de la mise en œuvre du procédé de l'invention pour la fabrication d'un transformateur intégré ou non intégré à un circuit imprimé.

15 Le procédé suivant l'invention tel qu'il sera décrit par la suite est utilisé pour la fabrication de pièces magnétiques planes en un matériau magnétique, sous forme nanocristalline.

Le matériau magnétique est un matériau magnétique doux, généralement constitué par un alliage renfermant principalement du fer ou, éventuellement, un mélange de fer et d'un métal ferromagnétique tel que le nickel et le cobalt, ainsi que du cuivre, du silicium, du bore et un métal tel que le niobium.

Le matériau magnétique pourrait également contenir du fer, du zirconium et du bore et éventuellement du cuivre et du silicium.

25 Les alliages magnétiques auxquels s'applique l'invention sont donc par exemple des alliages Fe-Cu-Nb-B-Si ou Fe-Zr-(Cu)-B-(Si) (les parenthèses autour des symboles Cu et Si indiquant que ces éléments peuvent être éventuellement absents).

L'invention peut bien sûr s'appliquer à d'autres alliages magnétiques.

30 A titre d'exemple, on a élaboré un alliage à base de fer présentant la composition atomique suivante :



Les nombres donnés en indice des éléments de l'alliage correspondent aux pourcentages atomiques de ces éléments dans l'alliage.

L'alliage de fer à l'état liquide est coulé sur un cylindre bon conducteur de la chaleur, efficacement refroidi, de manière à obtenir des bandes ou rubans à l'état amorphe d'une épaisseur de l'ordre de 20  $\mu\text{m}$  et d'une largeur supérieure à 5 mm.

5 Les bandes ou rubans à l'état amorphe sont ensuite soumis à un traitement thermique de recuit à une température voisine de 550°C pendant une durée de l'ordre d'une heure, pour obtenir une structure à fins cristaux ou structure nanocristalline, dans une fraction volumique importante de la bande, par exemple une structure constituée, en volume, par au moins 50 %  
10 de grains d'une taille inférieure à 100 nm.

Le traitement selon l'invention est mis en œuvre pour obtenir, par découpage de la bande, des pièces magnétiques de forme, en évitant une rupture de la bande métallique pendant le découpage. Le procédé de traitement suivant l'invention est généralement mis en œuvre sur la bande à l'état  
15 nanocristallin. Dans certains cas, le traitement selon l'invention peut être mis en œuvre sur une bande à l'état amorphe, un traitement thermique permettant ensuite de développer la structure nanocristalline.

La bande enroulée à l'état amorphe peut être introduite dans un four de traitement thermique, de telle sorte qu'on obtienne une bande nanocristalline enroulée sur un mandrin, à l'issue du traitement thermique. Ce traitement thermique peut être réalisé sous champ magnétique.  
20

Le traitement suivant l'invention consiste dans un premier temps à recouvrir une face de la bande en alliage nanocristallin, d'une couche de revêtement comportant un polymère. La bande recouverte sur une de ses  
25 faces par une couche de matériau renfermant un polymère peut être manipulée sans risque de rupture. La bande peut alors être recouverte sur sa seconde face par une couche de matériau renfermant un polymère et les deux couches recouvrant la bande sont rendues adhérentes sur les faces de la bande, par application d'une pression et/ou par un traitement thermique.

30 Il est ensuite possible de superposer et d'assembler, par exemple par collage, pression ou traitement thermique, plusieurs bandes métalliques recouvertes sur une ou deux faces par une couche renfermant un polymère, de manière à obtenir des produits composites stratifiés comportant plusieurs

couches métalliques superposées séparées par des couches renfermant une matière polymère.

Le traitement selon l'invention comporte une opération supplémentaire, par exemple d'usinage ou de formage de la bande métallique revêtue sur ses deux faces ou de la bande composite stratifiée, pour obtenir des pièces de forme, par exemple par découpage de la bande.

Comme il est visible sur la figure 1, dans un premier mode de réalisation du procédé de traitement suivant l'invention, on réalise le recouvrement d'une bande nanocristalline 1 sur une première et sur une seconde face successivement par un matériau adhésif constitué par un film plastique pré-encollé.

La bande d'alliage nanocristallin 1 est enroulée sur un mandrin 2 présentant un rayon de courbure suffisant pour éviter une déformation ou une mise en contrainte excessive de la bande 1. L'enroulement sur le mandrin 2 a été effectué sur la bande coulée et refroidie à l'état amorphe qui a ensuite été traitée thermiquement à 550°C environ à l'état enroulé sur le mandrin.

On réalise, dans un premier temps, le collage sur une première face de la bande 1 déroulée du mandrin 2 d'une bande en matériau polymère 3 pré-encollée. La bande 3 de matériau polymère pré-encollée est déroulée d'une bobine, puis appliquée et pressée contre la bande 1 d'alliage nanocristallin par un rouleau de pressage dans une disposition en vis-à-vis de la bobine constituée par la bande en alliage nanocristallin 1 enroulée sur le mandrin 2. De cette manière, on réalise la mise en contact et l'adhésion de la bande 3 sur la face supérieure de la bande en alliage nanocristallin 1, au point exact où la bande 1 est déroulée. On évite ainsi toute manipulation d'un tronçon de bande 1 non recouvert d'une couche de matière plastique pré-encollée.

La bande en alliage nanocristallin 1 recouverte sur sa face supérieure par la bande en matériau polymère 3 est mise en contact, sur sa face inférieure, avec une seconde bande en matériau polymère pré-encollée 3' enroulée sous la forme d'une bobine. Deux rouleaux pressage 4 et 4' en vis-à-vis permettent d'exercer une pression sur la bande 1 recouverte par les bandes 3 et 3' en matériau polymère. La pression exercée par les rouleaux

de pressage 4 et 4' permet d'obtenir une bonne adhérence des bandes 3 et 3' sur les faces de la bande en alliage nanocristallin 1.

Il est possible, de manière à améliorer encore l'adhérence des bandes 3 et 3' sur les faces de la bande en alliage nanocristallin 1, de faire passer la bande stratifiée constituée par la bande 1 recouverte par les couches 3 et 3', dans une installation de traitement thermique 5 à l'intérieur de laquelle le matériau adhésif des bandes 3 et 3' est réticulé, ce qui améliore la qualité du collage.

A la sortie de l'installation de traitement thermique 5, la bande 1, solidarisée aux couches de recouvrement 3 et 3', constitue une bande stratifiée 6 dont le comportement à la déformation et à la rupture est fondamentalement différent du comportement de la bande en alliage nanocristallin 1 qui est essentiellement fragile. La bande stratifiée 6 ne présente plus un comportement fragile et ses modes de rupture sont radicalement différents des modes de rupture fragile de la bande 1. De ce fait, la bande 6 obtenue à l'issue de la première phase du procédé de traitement suivant l'invention peut être soumise à un cisaillement tel que celui mis en œuvre dans un procédé de découpage mécanique de la bande. On peut ainsi obtenir par découpage de la bande 6 des pièces de forme sans risque de rupture de la bande 1 en alliage nanocristallin qui est fixée par ses deux faces aux bandes de recouvrement en matériau polymère 3 et 3'.

Pour obtenir des pièces magnétiques ayant des propriétés satisfaisantes, il est nécessaire que les bandes à structure nanocristallines présentent de faibles contraintes internes, ces contraintes étant à un niveau aussi faible que possible. Ce résultat peut être obtenu en effectuant le traitement thermique de bandes amorphes sur un mandrin ou un noyau ayant un grand rayon de courbure, comme décrit plus haut, ou en utilisant un four de traitement thermique de la bande non enroulée et dans un état non contraint, par exemple dans un four permettant le traitement de la bande posée à plat sur un support. Les opérations effectuées sur la bande nanocristalline recouverte de deux couches adhérentes de polymère ne créent pratiquement pas de contraintes dans la bande nanocristalline, même si ces opéra-

tions se traduisent par des contraintes externes, telles que des contraintes de cisaillement, importantes.

5 Les films en matière polymère 3 et 3' pré-encollés, qui sont utilisés pour recouvrir les deux faces de la bande 1, peuvent être constitués par un film en un matériau polymère tel qu'un polyester, un polytétrafluoro-éthylène (PTFE) ou un polyimide, le film étant associé à une couche de matériau au-  
to-adhésif permettant l'encollage du film sur la bande. Certains matériaux auto-adhésifs peuvent être réticulés à l'intérieur d'une installation de traite-  
ment thermique telle que l'installation 5 représentée sur la figure 1.

10 Il est possible de fabriquer ensuite, à partir de bandes stratifiées 6 comportant une bande nanocristalline recouverte sur ses deux faces par des bandes en matériau polymère, un matériau composite stratifié comportant plusieurs bandes stratifiées 6 superposées et rendues adhérentes les unes  
aux autres, par pression et/ou par traitement thermique. On peut obtenir en  
15 particulier de tels composites à partir de bandes stratifiées 6 constituées de la bande nanocristalline 1 recouvertes sur ses deux faces ou sur une seule face par des bandes polymère double face, c'est-à-dire des bandes ayant des couches auto-adhésives sur leurs deux faces.

20 Du fait que les bandes stratifiées ou composites obtenues ne présentent plus de risque de rupture fragile pendant le découpage de pièces, on peut réaliser, à partir de ces bandes stratifiées ou composites, toute pièce magnétique par exemple en forme d'U ou en forme d'E, ou encore toute pièce magnétique de forme complexe utilisée en horlogerie, comme il sera expliqué plus loin.

25 Les couches en matériau polymère utilisées pour recouvrir la bande nanocristalline sont choisies de manière qu'on évite de dégrader les caractéristiques magnétiques des bandes nanocristallines par les contraintes induites lors de l'adhésion de la bande en polymère sur la bande nanocristalline ou lors de l'opération de réticulation des polymères en contact avec la bande  
30 nanocristalline. On évitera généralement de mettre la bande sous forte contrainte de tension ou de compression pendant la phase d'adhésion ou de réticulation.

Dans certains cas, on peut cependant ajuster les caractéristiques magnétiques du stratifié ou matériau composite comportant une ou plusieurs bandes nanocristallines, en utilisant les caractéristiques de magnétostriction de la ou des bandes nanocristallines et en exerçant certaines contraintes sur les bandes nanocristallines, par l'intermédiaire des couches à base de polymère.

Dans certaines applications, par exemple dans le cas de composants destinés à la fabrication de systèmes de conversion d'énergie, les composants magnétiques obtenus par le procédé de l'invention doivent pouvoir résister à une température relativement élevée, par exemple à une température de 150°C. Dans ce cas, bien entendu, les polymères constituant les couches de recouvrement de la bande nanocristalline, qui restent fixés sur les pièces magnétiques obtenues après découpage, doivent supporter la température d'utilisation des pièces magnétiques.

Au lieu de bandes de recouvrement en matériau polymère préencollées auto-adhésives, on peut utiliser comme couche de recouvrement des bandes nanocristallines un film polymère thermofusible qui ne devient adhésif que lors d'un traitement thermique. Un tel film thermofusible est dit «non tacky», du fait que sa partie thermofusible n'est pas adhésive à la température ambiante.

Sur la figure 2, on a représenté une phase d'un traitement suivant l'invention, au cours de laquelle on élabore un composite découpable constitué par des bandes nanocristallines et des couches de recouvrement en matière polymère liées entre elles par une matière thermofusible à l'issue d'un traitement thermique.

On utilise, comme précédemment, des bandes en alliage nanocristallin qui sont généralement enroulées sous forme de bobines et qui sont obtenues par traitement d'une bobine d'alliage à l'état amorphe. Chacune des bandes d'alliage nanocristallin utilisées pour la fabrication du composite est recouverte, sur sa face supérieure et sur sa face inférieure, par un film polymère thermofusible pré-encollé. On réalise ainsi une pluralité, par exemple trois, de bandes stratifiées 7a, 7b, 7c comprenant chacune une bande en alliage nanocristallin disposée entre deux films polymères. Les bandes 7a,

7b et 7c sont amenées à défiler à l'intérieur d'une enceinte de chauffage 8 à une température inférieure à 400°C qui permet de porter la température des films thermofusibles des couches de recouvrement des bandes stratifiées 7a, 7b, 7c au-dessus de la température de fusion du film thermofusible et de collage par contact. Le collage des bandes 7a, 7b et 7c est réalisé entre deux rouleaux de pressage 9a et 9b. Après refroidissement dans une enceinte de refroidissement 10, on obtient une bande composite 11 qui peut être découpée sous la forme de pièces magnétiques de forme.

Les films thermofusibles permettant l'adhésion des couches de recouvrement peuvent être constitués par l'un des polymères suivants : polyéthylène modifié (par l'acide acrylique, l'anhydride maléique ou autres), polypropylène greffé, polyamide, polyuréthane.

Les propriétés du composite stratifié 11 obtenu par le procédé mis en œuvre selon le second mode de réalisation permettent le découpage sans rupture et sans formation de contraintes indésirables dans les bandes en matériau nanocristallin.

Au lieu de bandes de recouvrement auto-adhésives ou thermofusibles, on peut réaliser des stratifiés ou composites selon l'invention, par un procédé d'enduction ou d'encollage des faces d'une ou plusieurs bandes nanocristallines. On utilise alors un matériau adhésif réactivable non tacky d'une épaisseur comprise entre 1 et 50 microns.

Un adhésif est dit réactivable ou bistade lorsqu'on peut réaliser sur cet adhésif deux polymérisations ou réticulations successives. Un tel matériau est dit non tacky du fait qu'il ne colle pas après la première réticulation.

Cet adhésif peut être choisi parmi les polymères thermodurcissables ou thermoplastiques, selon les performances magnétiques recherchées pour le composant magnétique à réaliser à partir du stratifié ou composite. Ces performances magnétiques peuvent dépendre en effet des conditions thermiques imposées au stratifié ou au composite, lors de sa fabrication.

Sur la figure 3, on a représenté de manière schématique une installation permettant de fabriquer un matériau stratifié comportant une bande nanocristalline par un procédé d'encollage direct des faces de la bande nanocristalline en utilisant un adhésif réactivable.



La bande nanocristalline 1, qui provient de préférence d'une bobine, est déposée sur une bande support 12 constituée de préférence sous la forme d'une bande souple mobile, dans le sens indiqué par la flèche 12'. Au-dessus de la bande support mobile 12 sont disposées une première installation d'enduction 14a et une première installation de séchage et de réticulation 15a à l'intérieur desquelles la bande en alliage nanocristallin 1 supportée par la bande support 12 est déplacée dans le sens de la flèche 12'. Une couche d'enduction 13 est déposée sur la face supérieure de la bande nanocristalline 1 à l'intérieur de la première installation d'induction 14a. Cette couche d'enduction 13 est séchée et réticulée à l'intérieur de la première installation de séchage et de réticulation 15a.

La bande en alliage nanocristallin 1, revêtue de la couche 13 en matière plastique qui est adhérente sur sa face supérieure, peut être manipulée sans risque de rupture. Il est alors possible de faire passer la bande 1 revêtue de la couche d'enduction 13 de la bande support 12 dans une seconde installation d'enduction 14b assurant le dépôt sur la seconde face, ou face inférieure de la bande 1, d'une seconde couche d'enduction 13' qui est séchée et réticulée dans une seconde installation de séchage et de réticulation 15b dans laquelle la bande revêtue sur ses deux faces est amenée à défiler.

On obtient, à la sortie de l'installation représentée sur la figure 3, une bande stratifiée 16 comportant la bande centrale nanocristalline 1 revêtue sur ses deux faces de couches d'enduction en matière polymère réticulée 13 et 13'.

La bande nanocristalline, revêtue sur ses deux faces par des couches parfaitement adhésives de matière plastique, ne présente plus un comportement fragile et peut être découpée sous la forme de pièces magnétiques de formes complexes.

Comme il est visible sur la figure 4, il est également possible d'associer plusieurs bandes stratifiées 16a, 16b, 16c analogues à la bande stratifiée 16 pour obtenir une bande composite par superposition et adhésion des bandes stratifiées 16a, 16b et 16c.

Une bande composite stratifiée pourrait également être obtenue par empilement de bandes en alliage nanocristallin recouvertes sur une seule face.

On peut faire passer les bandes 16a, 16b et 16c dans une enceinte de chauffage 18 permettant de les porter à une température inférieure à 400°C. Les bandes chauffées 16a, 16b et 16c sont ensuite pressées entre deux rouleaux de pressage 19a et 19b, ce qui permet d'obtenir le collage l'une sur l'autre des bandes 16a, 16b et 16c qui comportent des polymères thermofusibles. La bande composite 17 obtenue est refroidie dans une installation de refroidissement 20.

Dans une étape ultérieure du procédé de traitement suivant l'invention, on peut réaliser par découpage de la bande composite 17 des pièces magnétiques sans rupture des bandes nanocristallines constituant le composite 17.

La première étape consistant à réaliser le stratifié 16 par dépôt de couches polymères sur l'une ou sur les deux faces d'une bande nanocristalline peut être réalisée non seulement par enduction, comme indiqué ci-dessus, mais encore par pulvérisation d'un produit de recouvrement polymère sur l'une des faces ou chacune des faces de la bande, successivement. Le produit de recouvrement est ensuite polymérisé. Il serait également possible de réaliser le dépôt sur les deux faces de la bande nanocristalline en une seule étape par trempage. Cependant, la manipulation des bandes nanocristallines serait alors plus délicate.

Pour réaliser la mise en œuvre du procédé selon l'invention avec enduction ou encollage direct de la bande nanocristalline, on peut utiliser un polymère de l'un des types suivants : matériau acrylique, polyester, résine époxy, résine époxy phénolique, polyester/résine époxy, résine phénolique avec modifiant, résine polyuréthane/polyester. La couche de recouvrement en matériau polymère peut avoir une épaisseur de 1 à 50 µm.

Dans tous les cas envisagés ci-dessus, on obtient une bande stratifiée ou composite comportant une ou plusieurs bandes nanocristallines, chaque bande nanocristalline étant recouverte sur une ou sur ses deux faces d'une couche de polymère. De ce fait, il est possible de découper des

pièces magnétiques dans les bandes stratifiées ou composites sans risque de rupture des bandes nanocristallines.

5 Dans le cas où l'on désire fabriquer des composants magnétiques du type torique à cycle couché, c'est-à-dire dont le rapport  $B_r/B_s$  est très inférieur à 1, le découpage des pièces sera réalisé de manière à créer des interfaces de rupture dans les pièces composites découpées. Ces interfaces de rupture peuvent être réalisés par frappe, au moment du découpage.

10 Le procédé de traitement suivant l'invention qui comporte une étape de réalisation d'une couche de recouvrement de bandes nanocristallines peut être associé au procédé préalable de réalisation de bandes nanocristallines à partir de bandes amorphes.

15 Sur la figure 5, on a représenté une installation permettant de réaliser la première étape de recouvrement par une couche de matériau polymère du traitement suivant l'invention sur des bandes nanocristallines à la sortie du four de traitement thermique permettant de développer des structures nanocristallines dans des bandes d'alliage amorphe.

20 Sur la figure 5, on a représenté un four de traitement thermique 22 dans une disposition inclinée qui peut être constitué par exemple par un tube de quartz entouré de moyens de chauffage électrique ainsi que d'un inducteur permettant de soumettre éventuellement la bande à un champ magnétique. On fait passer à l'intérieur du four 22 plusieurs bandes amorphes, par exemple trois bandes en alliage amorphe 21a, 21b et 21c. Les bandes amorphes 21a, 21b et 21c sont soumises à un traitement thermique à une température voisine de 550°C à l'intérieur du four 22, pendant une  
25 durée suffisante pour développer une structure nanocristalline dans ces bandes. Les bandes 21a, 21b et 21c sont refroidies dans une installation de refroidissement 23 puis déposées sur une bande support mobile 24. Les bandes sont ensuite recouvertes, sur une ou sur leurs deux faces, par des bandes polymères pré-encollées auto-adhésives, enroulées sous la forme  
30 de bobines telles que 24a et 25a placées sur le trajet de chacune des bandes telles que la band 21a.

On obtient, en sortie de l'installation, trois bandes stratifiées constituées par une bande en alliage nanocristallin recouverte sur une ou sur ses deux faces par des bandes en matériau polymère adhérentes.

5 Les bandes stratifiées obtenues peuvent être découpées sous la forme de pièces magnétiques ou assemblées par collage pour constituer des bandes composites comportant plusieurs bandes stratifiées superposées qui peuvent être elles-mêmes découpées.

10 Sur les figures 6A, 6B et 6C, on a représenté des exemples de pièces réalisées par découpage de bandes en matériau composite stratifié constituées par superposition et solidarisation de bande stratifiées constituées chacune d'une bande nanocristalline recouverte d'une ou de deux couches de matériau polymère adhérentes sur les faces de la bande nanocristalline. Le matériau composite stratifié peut être constitué par une pluralité de bandes stratifiées superposées et liées entre elles, ce nombre de bandes superposées pouvant être par exemple égal à trois ou supérieur.

15 Par exemple, dans le cas de bandes nanocristallines d'une épaisseur de 20  $\mu\text{m}$  recouvertes sur leurs deux faces par des couches en matériau polymère d'une épaisseur de 5  $\mu\text{m}$ , un empilement de trois bandes stratifiées superposées présente une épaisseur de 80  $\mu\text{m}$ , soit 0,08 mm.

20 On peut bien sûr réaliser des pièces magnétiques par découpage de bandes composites stratifiées plus épaisses, par exemple d'une épaisseur d'1 mm ou plus.

25 Dans un tel matériau composite stratifié, il est possible de réaliser des pièces de transformateurs en forme de E, de I ou de U, comme il est visible respectivement sur les figures 6A, 6B et 6C montrant respectivement une pièce de transformateur 26a en forme de E, une pièce de transformateur 26b en forme de I et une pièce 26c en forme de U.

30 De telles pièces de transformateurs présentent de très bonnes propriétés magnétiques, du fait qu'elles sont constituées par des couches d'alliage nanocristallin et de très bonne propriétés mécaniques, du fait que les feuilles d'alliage nanocristallin sont protégées par des couches en matière plastique adhérentes sur toute leur surface. En outre, comme indiqu

plus haut, pendant le découpage des produits composites stratifiés, le risque de rupture des bandes nanocristallines est extrêmement réduit.

5 Le découpage de pièces telles que représentées sur les figures 6A, 6B et 6C peut être réalisé par tout procédé de découpage mécanique de pièces de forme, par exemple par frappe à l'emporte-pièce.

La structure stratifiée des pièces obtenues est également favorable pour limiter les pertes par courants de Foucault dans ces pièces, lorsqu'elles sont utilisées comme pièces de transformateurs.

10 Il est également possible d'utiliser des pièces découpées dans des matériaux composites stratifiés, selon le procédé de l'invention, qui puissent être utilisées comme noyaux toriques.

Comme il est visible sur les figures 7A et 7B, on peut réaliser des tores ayant la forme de rondelles découpées 27a, comme représenté sur la figure 7A, ou la forme de cadres à section carrée ou rectangulaire 27b, évi-  
15 dės en leur centre, comme représenté sur la figure 7B.

On peut également, comme représenté sur la figure 7C, réaliser des tores avec entrefer ayant la forme de rondelles stratifiées 27c comportant une fente radiale 27'c constituant un entrefer. Aussi bien le découpage des rondelles 27c que la réalisation de la fente 27'c peuvent être réalisés sans  
20 risque de rupture des bandes nanocristallines constituant le produit composite stratifié. On obtient ainsi des tores coupés qui peuvent être de très petites dimensions.

De manière générale, les pièces obtenues telles que représentées sur les figures 6A à 6C et 7A à 7C peuvent être des pièces de petites ou de  
25 très petites dimensions qui présentent également une forme plate et une très faible épaisseur.

Il est possible également, de réaliser par le procédé de l'invention, des pièces pour circuits magnétiques minaturisés, par exemple pour réaliser des rotors ou stators de montres.

30 Il est également possible de réaliser des pièces pour rotors ou stators de moteurs, en particulier de moteurs électriques de très petites dimensions.

Le procédé suivant l'invention peut être également utilisé pour réaliser des étiquettes antivol en matériau à haute perméabilité dont la présence sur

un article ou objet peut être repérée lors du passage de l'objet dans une boucle d'un circuit parcourue par un courant. Le passage de l'objet portant l'étiquette antivol est alors détecté par la variation du courant induit dans la boucle.

5           Comme il est visible sur la figure 8, on peut également réaliser par le procédé suivant l'invention des inductances ou transformateurs minces 28, ayant une épaisseur qui peut être par exemple de l'ordre d'un millimètre, permettant le montage de ces inductances ou transformateurs minces, contre une surface d'un dispositif.

10           Une bande composite stratifiée comportant des couches stratifiées superposées constituées chacune d'une bande nanocristalline entourée par des couches de matière polymère sont découpées, par exemple sous la forme de rectangles 28 dans lesquels sont ménagées des ouvertures par exemple à section carrée. A partir de la pièce obtenue, on peut réaliser par  
15           bobinage de fils électriques 28' les parties primaire et secondaire d'un transformateur.

Dans tous les exemples de mise en œuvre de l'invention décrits jusqu'ici, on réalise le découpage des pièces magnétiques dans les bandes stratifiées ou composites stratifiées par un procédé mécanique.

20           Comme représenté sur les figures 9A à 9C et 10, il est également possible de réaliser des pièces magnétiques de forme complexe à partir de bandes minces en alliage nanocristallin, par un procédé de découpage chimique.

25           Comme représenté sur la figure 9A, on réalise, dans un premier temps un stratifié 29, à partir d'une bande en alliage nanocristallin 30 qui est revêtue sur l'une de ses faces par une bande de matière polymère 31 dont on assure la liaison avec la bande 30 par un procédé tel que décrit plus haut.

30           Comme représenté sur la figure 9B, on recouvre ensuite la bande stratifiée 29 par une couche 32 d'une résine photosensible et on réalise, à travers un écran 33 de forme adaptée, l'insolation par des rayons de lumière 34 de la couche en résine photosensible 32 déposée sur la surface externe de la bande en alliage nanocristallin du stratifié 29.

Comme il est visible sur la figure 9C, on supprime ensuite de la couche de résine photosensible 32, partiellement insolée, soit les parties insolées 32' soit les parties cachées par l'écran 33 et non insolées 32'', à l'aide d'un solvant approprié. Par exemple, le solvant utilisé peut être de l'eau dans le cas où la couche photosensible est constituée par de la caséine modifiée.

On réalise par une technique analogue au gravage, en utilisant une substance d'attaque telle qu'un acide, ou du chlorure ferrique, le découpage de pièces suivant les parties non revêtues de la couche 32.

On obtient, comme représenté sur la figure 10, des pièces magnétiques 35 collées sur la bande support 31 en matériau polymère du matériau stratifié 29. On obtient ainsi sans risque de rupture des pièces qui sont elles-mêmes protégées et conditionnées à la sortie de la ligne de fabrication.

A partir de pièces ainsi obtenues, on peut, comme représenté sur les figures 11A à 11E, réaliser la fabrication d'un transformateur intégré à un circuit imprimé ou un transformateur discret, par un procédé selon l'invention.

Dans une première étape, on élabore un stratifié 36 (figure 11A) constitué d'une bande en alliage nanocristallin 36a et d'un film de matière polymère 36b adhérent sur une des faces de la bande 36a. On réalise, par exemple par le procédé décrit plus haut en regard des figures 9A, 9B, 9C et 10, un produit 38 comportant le film de matière plastique 36b comme substrat et des circuits magnétiques successifs minces 37 en alliage nanocristallin, par exemple en forme de cadres rectangulaires, adhérent sur le substrat (figure 11B).

On découpe le produit 38 en tronçons comportant chacun un circuit magnétique mince 37 fixé sur un tronçon de substrat. On empile les tronçons découpés (39 (figure 11C), l'un sur l'autre de manière que les circuits magnétiques 37 soient exactement superposés et séparés par les couches de substrat en matière plastique 36b. On réalise l'adhésion l'une sur l'autre des couches superposées 36b, par exemple par chauffage et pressage, pour obtenir un produit stratifié composite 40 (figure 11D). On réalise, comme représenté sur la figure 11D, le perçage des films de matière plasti-

que superposés 36b, dans des zones situées à l'intérieur et à l'extérieur des circuits magnétiques 37 superposés, pour obtenir une pluralité d'ouvertures 41 traversant le stratifié composite 40. Les ouvertures 41 sont ensuite métallisées intérieurement, de manière à créer des zones conductrices continues entre les deux faces du stratifié composite 40 sur lesquelles débouchent les ouvertures 41.

On réalise ensuite (figure 11E), sur les deux faces du stratifié composite 40, par exemple par gravure chimique, des conducteurs électriques tels que 42 et 43 joignant les extrémités d'un premier ensemble d'ouvertures 41 sur chacune des faces du stratifié composite 40 et d'un second ensemble d'ouvertures 41, respectivement.

Les conducteurs 42 et 43 et les ouvertures métallisées 41 auxquelles ils sont reliés constituent les enroulements primaire et secondaire du transformateur 44 qui peut être utilisé dans un circuit imprimé.

Par ce procédé, on pourrait également réaliser d'autres composants tels que des inductances destinés à être insérés dans un circuit imprimé ou intercalés sur un circuit imprimé et comportant au moins un enroulement.

Dans le cas des modes de réalisation de l'invention décrits jusqu'ici, on réalise le recouvrement de l'une ou des deux faces de bandes en alliage nanocristallin, c'est-à-dire de bandes obtenues après un traitement thermique d'une bande amorphe pour obtenir une bande nanocristalline.

Il est possible également d'appliquer l'invention en réalisant un dépôt d'une couche de recouvrement renfermant un polymère sur une bande amorphe qui est ensuite découpée à la forme de pièces magnétiques, ces pièces étant ensuite traitées thermiquement pour développer dans le matériau amorphe des pièces une structure nanocristalline.

Les différentes étapes d'un tel procédé sont les suivantes :

1 - On réalise une enduction d'une ou des deux faces d'une bande amorphe, avec un mélange complexe de solvants qui peut être constitué d'eau, de liants polymères, d'aluminates, de silicates et de fondants.

2 - On sèche la couche d'enduction, de manière que le dépôt soit adhérent sur la bande amorphe.



3 - On superpose plusieurs bandes amorphes enduites sur leurs deux faces ou sur une seule face.

4 - On réalise une première cuisson de la colle inorganique pour obtenir un composite bande amorphe/colle inorganique découpable.

5 5 - On découpe les pièces dans le stratifié ainsi constitué.

6 - On traite thermiquement les pièces découpées à une température permettant la germination des nanocristaux dans la bande amorphe et une vitrification du mélange de poudres, aluminates, silicates et fondant.

10 Une température supérieure à 500°C peut convenir selon le type de mélange polymère, silicate, aluminates et fondant utilisé.

Le polymère est oxydé pendant le traitement thermique.

Pour constituer le mélange d'enduction de la bande amorphe, ce mélange étant à l'état pâteux, on peut utiliser les substances suivantes :

15 - une résine du type éthylcellulose qui assure la tenue mécanique du dépôt et confère la viscosité adaptée au type d'application ;

- des solvants, par exemple un mélange d'hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques qui sont destinés à dissoudre la résine et qui doivent s'éliminer facilement par traitement à basse température, par exemple à 100°C ;

20 - une charge minérale, par exemple des verres ou oxydes, destinée à renforcer l'adhérence de la couche sur le matériau à l'état nanocristallin, après son traitement ;

25 - une charge organique, par exemple constituée par des substances organo-métalliques ou tensio-actives, destinée à améliorer la dispersion, le mouillage et la résistance à la corrosion de la couche de recouvrement.

Un exemple typique de composition de la substance d'enduction pâteuse est donné ci-dessous :

charge métallique : 40 à 70 parties par volume

résine : 3 à 10 parties par volume

30 charge minérale : 3 à 6 parties par volume

charges organiques : 0,5 à 2 parties par volume

solvant : le reste de la composition, jusqu'à 100 parties volumiques.

Le procédé suivant l'invention permet donc d'obtenir dans tous les cas des pièces magnétiques constituées de bandes minces en alliage nanocristallins sans risque de rupture des bandes.

5 Le procédé suivant l'invention permet d'obtenir des pièces magnétiques de formes complexes en alliage nanocristallin, ce qui n'était pas possible jusqu'ici, les seules pièces en alliage nanocristallin pouvant être obtenues étant des noyaux toriques constitués par une bande enroulée.

10 On peut également obtenir des bandes en alliage nanocristallin qui ne sont pas fragiles par recouvrement d'une face d'un ruban en alliage nanocristallin par un revêtement ou un film renfermant au moins une matière plastique.

15 Dans le cadre d'un traitement suivant l'invention, ces bandes peuvent être manipulées et mises en œuvre de manières diverses et par exemple refendues sous la forme de bandes ayant une largeur inférieure à la largeur de la bande nanocristalline coulée sous forme amorphe et traitée thermiquement.

20 Le procédé suivant l'invention permet d'éviter les risques de rupture des bandes minces en alliage nanocristallin ou éventuellement en alliage amorphe, pendant le formage des pièces magnétiques, par exemple par découpage ou perçage.

25 L'invention, qui trouve une application particulièrement intéressante dans le cas des alliages nanocristallins, peut cependant être utilisée dans tous les cas où il est nécessaire de manipuler ou de mettre en forme des bandes métalliques minces, fragiles, ayant une épaisseur inférieure à 0,1 mm.

L'invention ne se limite pas non plus aux modes de réalisation qui ont été décrits plus haut.

30 C'est ainsi qu'on peut réaliser le recouvrement de la bande métallique mince fragile par une couche de revêtement renfermant un matériau polymère, d'une manière différente de celles qui ont été décrites plus haut.

L'invention ne se limite pas non plus à la nature et à la composition des couches réalisées sur les bandes métalliques minces, pendant la première phase du procédé suivant l'invention.

5 L'invention ne se limite pas non plus au cas où l'on réalise un découpage des bandes dans une seconde étape du procédé mais s'applique à tous les cas où l'on réalise une manipulation ou un usinage sur des bandes métalliques minces fragiles, cette manipulation ou usinage entraînant une mise sous contrainte de la bande fragile.

L'invention peut s'appliquer dans des domaines différents de la fabrication de pièces magnétiques.

### REVENDICATIONS

- 1.- Procédé de traitement d'au moins une bande mince métallique fragile (1, 21a, 21b, 21c, 30) ayant une épaisseur inférieure à 0,1 mm, comportant au moins une étape dans laquelle la bande mince (1, 21a, 21b, 21c, 30) est soumise à des contraintes, caractérisé par le fait que, préalablement à l'étape du procédé dans laquelle la bande mince (1, 21a, 21b, 21c, 30) est soumise à des contraintes, on recouvre au moins une face de la bande par une couche de revêtement (3, 3', 13, 13', 31) comportant au moins un matériau polymère, de manière à obtenir sur la bande une couche adhérente d'une épaisseur comprise entre 1 et 100  $\mu\text{m}$ , modifiant les propriétés de déformation et de rupture de la bande mince métallique et qu'on réalise l'étape du procédé dans laquelle la bande mince est soumise à des contraintes, sur la bande recouverte de la couche de revêtement.
- 2.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la couche de revêtement (3, 3') comportant au moins un matériau polymère est constituée par un film plastique pré-encollé, auto-adhésif.
- 3.- Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que le film plastique pré-encollé auto-adhésif comporte une couche de substance auto-adhésive par pression et que la couche de revêtement auto-adhésive (3, 3') est rendue adhérente sur la bande mince métallique (1) par mise en pression de la couche de recouvrement (3, 3') sur la bande métallique mince (1).
- 4.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé par le fait que le film plastique est constitué par l'un des matériaux suivants : polyester, polytétrafluoréthylène, polyimide.
- 5.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé par le fait qu'on met en contact une face de la bande métallique mince fragile (1) avec un premier film polymère auto-adhésif (3), la bande nanocristalline (1) devenant ainsi manipulable, qu'on met en contact la seconde face de la bande métallique mince fragile (1) avec un deuxième film (3') en matière plastique auto-adhésif, qu'on réalise une mise en pression de la bande stratifiée (6) constituée par la bande métallique mince fragile (1)

entre les deux films de matériau polymère (3, 3'), et qu'on réalise une opération mécanique par exemple de découpage sur la bande stratifiée (6).

5 6.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé par le fait qu'on élabore une pluralité de bandes stratifiées (6, 7a, 7b, 7c) comportant chacune une couche de recouvrement constituée par un film plastique pré-encollé auto-adhésif par pression sur au moins une de ses faces, qu'on superpose et qu'on relie par adhésion la pluralité de bandes stratifiées (6, 7a, 7b, 7c) pour obtenir une bande composite stratifiée (11) et qu'on réalise une opération mécanique, par exemple de découpage, sur la  
10 bande composite stratifiée (11).

7.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé par le fait que la substance adhésive par pression du film plastique pré-encollé auto-adhésif est une substance réticulable et qu'on réalise un traitement thermique de réticulation sur la couche de recouvrement adhé-  
15 rente sur la bande métallique mince.

8.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la couche de revêtement comportant au moins un matériau polymère est constituée par un film polymère thermofusible non auto-adhésif, pré-encollé sur une de ses faces, qu'on met en contact un tel film thermofusible pré-encollé  
20 avec au moins une des faces de la bande métallique mince (1) pour obtenir une bande stratifiée (7a, 7b, 7c), qu'on réalise ainsi la fabrication d'une pluralité de bandes stratifiées (7a, 7b, 7c), qu'on chauffe la pluralité de bandes stratifiées (7a, 7b, 7c) à une température inférieure à 400°C, qu'on superpose et qu'on comprime les unes contre les autres les bandes de la pluralité  
25 de bandes stratifiées (7a, 7b, 7c) chauffées pour obtenir une bande stratifiée composite (11), qu'on réalise sur la bande stratifiée composite (11) une étape de procédé mettant en œuvre des contraintes telle qu'un découpage.

9.- Procédé suivant la revendication 8, caractérisé par le fait que le film thermofusible est en un des matériaux polymères suivants : polyéthylène modifié par l'acide acrylique ou l'anhydride maléique, polypropylène greffé, polyamide, polyuréthane.  
30

10.- Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la couche de revêtement comportant au moins un matériau polymère est cons-

tituée par un matériau polymère adhésif réactivable, qu'on réalise le dépôt de la couche de revêtement sur l'une au moins des faces de la bande métallique mince fragile (1), pour obtenir une bande stratifiée (16), qu'on réalise ainsi une pluralité de bandes stratifiées (16a, 16b, 16c), qu'on chauffe à une

5 température inférieure à 400°C les bandes stratifiées (16a, 16b, 16c), qu'on superpose les bandes stratifiées (16a, 16b, 16c) à l'état chauffé, qu'on exerce une pression sur les bandes (16a, 16b, 16c) superposées, pour réaliser l'adhésion des bandes stratifiées (16a, 16b, 16c), pour obtenir une

10 bande composite stratifiée (17) et qu'on réalise sur la bande stratifiée composite (17) une opération mettant en œuvre des contraintes mécaniques telle qu'un découpage.

11.- Procédé suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que le dépôt adhésif réactivable est constitué par l'un des matériaux polymères suivants : matériau acrylique, polyester, résine époxy, résine époxy phénolique,

15 polyester-résine époxy, résine phénolique avec modifiant, résine polyuréthane-polyester.

12.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé par le fait qu'on réalise le dépôt du matériau polymère adhésif réactivable sur au moins une face de la bande métallique mince (1) par l'un

20 des procédés suivants : enduction, pulvérisation, trempage.

13.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé par le fait que la bande métallique mince fragile (1) est une bande en un alliage magnétique doux à structure nanocristalline, c'est-à-dire renfermant au moins 50 % en volume de fins cristaux d'une taille inférieure à

25 100 nm, obtenue par coulée du matériau magnétique doux sous forme d'une bande amorphe et traitement thermique de la bande amorphe, la bande métallique mince (1) étant recouverte, dans l'un de ses états amorphe ou nanocristallin, sur au moins une face par une couche de revêtement comportant au moins un matériau polymère.

14.- Procédé suivant la revendication 13, caractérisé par le fait que la couche de revêtement comportant un matériau polymère présente une épaisseur comprise entre 1 et 50 µm.

30

15.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 13 et 14, caractérisé par le fait que la bande mince en matériau nanocristallin présente une épaisseur de l'ordre de 20  $\mu\text{m}$ .

5 16.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 13, 14 et 15, caractérisé par le fait que le matériau magnétique doux renferme du fer, du cuivre, du niobium, du silicium et du bore ou encore du fer, du zirconium, du bore et éventuellement du cuivre et du silicium.

10 17.- Procédé suivant la revendication 16, caractérisé par le fait que la composition atomique de l'alliage magnétique doux est par exemple du type Fe-Cu-Nb-B-Si ou du type Fe-Zr-(Cu)-B-(Si) ou autre.

15 18.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 13 à 17, caractérisé par le fait qu'on recouvre la bande de matériau magnétique doux à l'état amorphe d'un mélange complexe constitué de solvants, de liants polymères, d'aluminates, de silicates et de fondants, qu'on sèche la bande recouverte de la couche de revêtement, qu'on réalise une pluralité de bandes amorphes revêtues et séchées, qu'on superpose la pluralité de bandes amorphes revêtues, qu'on réalise une première cuisson des bandes amorphes revêtues, pour obtenir une bande stratifiée composite amorphe/polymère, qu'on découpe des pièces dans la bande composite, qu'on  
20 traite thermiquement les pièces découpées à une température permettant de développer une structure nanocristalline dans les bandes amorphes et de vitrifier le mélange aluminat, silicate et fondant, pour obtenir des pièces de forme découpées et comportant des couches nanocristallines et des couches vitrifiées stratifiées.

25 19.- Procédé suivant la revendication 18, caractérisé par le fait qu'on utilise dans le mélange de recouvrement de la bande (1) une résine du type éthylcellulose, des solvants constitués par un mélange d'hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques, une charge minérale constituée par des verres ou des oxydes et une charge organique constituée par des substances organo-métalliques ou tensio-actives.  
30

20.- Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 19, caractérisé par le fait qu'une étape dans laquelle la bande mince (1) est soumise à des contraintes est une opération de découpage mécanique.

21.- Procédé suivant l'une quelconque des revendication 1 à 19, mettant en œuvre une étape de découpage chimique d'une bande métallique mince (30) revêtue sur une de ses faces par une couche de revêtement en matériau polymère (31).

5 22.- Procédé suivant la revendication 1 pour la réalisation d'un composant (44) d'un circuit imprimé comportant au moins un enroulement (42, 43) tel qu'un transformateur (44), caractérisé par le fait :

- qu'on élabore une bande stratifiée (36) constituée d'une bande en alliage nanocristallin (36a) et d'un film de matière polymère (36b) adhérent  
10 sur une des faces de la bande en alliage nanocristallin,

- qu'on découpe la bande en alliage nanocristallin pour obtenir une pluralité de circuits magnétiques (37) en alliage nanocristallin adhérent chacun sur un tronçon du film de matière polymère (36b),

- qu'on découpe une pluralité de tronçons du film de matière polymère,  
15

- qu'on empile la pluralité de tronçons de manière que les circuits magnétiques (37) soient exactement superposés et on réalise l'adhésion l'un sur l'autre des tronçons de film en matière polymère, pour obtenir un produit stratifié composite (40),

20 - qu'on perce les tronçons de films en matière polymère sur toute l'épaisseur du produit composite stratifié (40) pour réaliser des ouvertures traversantes (41) dans des zones situées à l'intérieur et dans des zones situées à l'extérieur des circuits magnétiques (37),

- qu'on métallise intérieurement les ouvertures traversantes (41), et

25 - qu'on réalise sur les deux faces du produit stratifié composite (40) des conducteurs électriques joignant les extrémités des ouvertures (41) sous la forme d'au moins un enroulement (42, 43).

23.- Pièce magnétique comportant un alliage magnétique sous forme nanocristalline, caractérisée par le fait qu'elle est réalisée sous forme stratifiée et qu'elle comporte au moins une bande en un matériau magnétique  
30 sous forme nanocristalline et au moins une couche de revêtement comportant au moins un matériau polymère superposée à la bande en alliage ma-



gnétique nanocristallin et adhérente sur cette bande en alliage magnétique nanocristallin.

5 24.- Pièce magnétique suivant la revendication 23, caractérisée par le fait qu'elle constitue une pièce de transformateur plate (26a, 26b, 26c) ayant la forme d'un E, d'un I ou d'un U.

25.- Pièce magnétique suivant la revendication 23, caractérisée par le fait qu'elle constitue un noyau magnétique torique (27a, 27b, 27c) en forme de rondelle ou en forme de cadre carré ou rectangulaire.

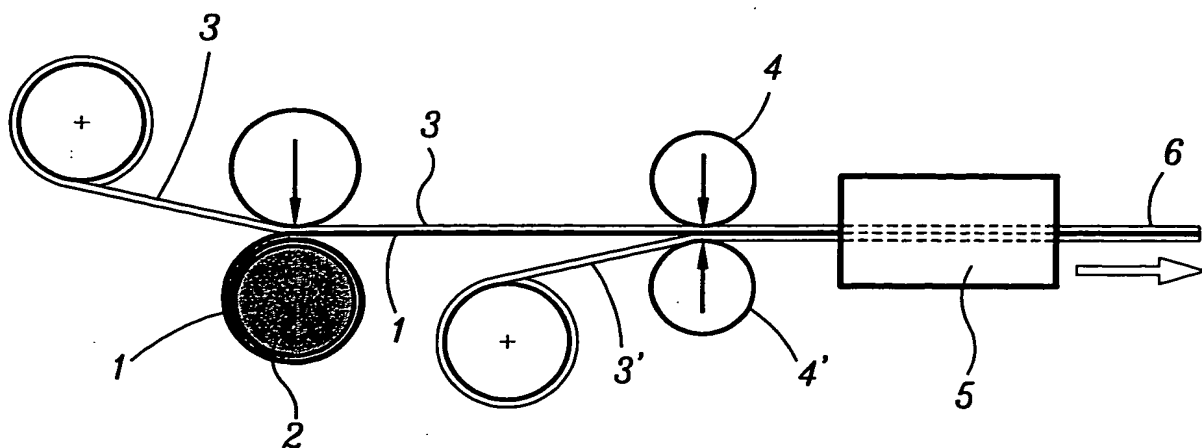
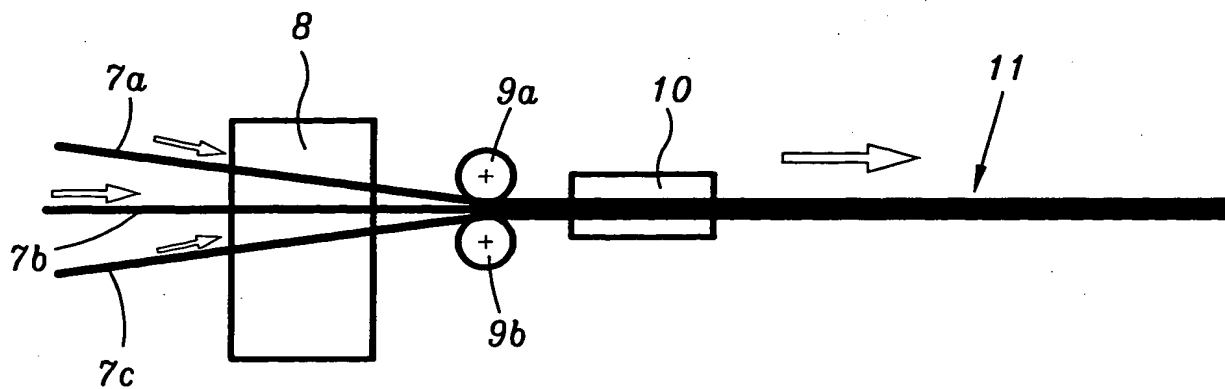
10 26.- Pièce magnétique suivant la revendication 25, caractérisée par le fait qu'elle constitue un tore coupé (27c) présentant un entrefer de direction radiale (27'c).

15 27.- Pièce magnétique suivant la revendication 23, caractérisée par le fait qu'elle constitue l'un des éléments suivants : pièce de circuit magnétique pour rotors ou stators de montres, rotor ou stator de moteur électrique, étiquette antivol, composant magnétique tel qu'inductance ou transformateur, en particulier inductance ou transformateur minces d'une épaisseur de l'ordre d'un millimètre.

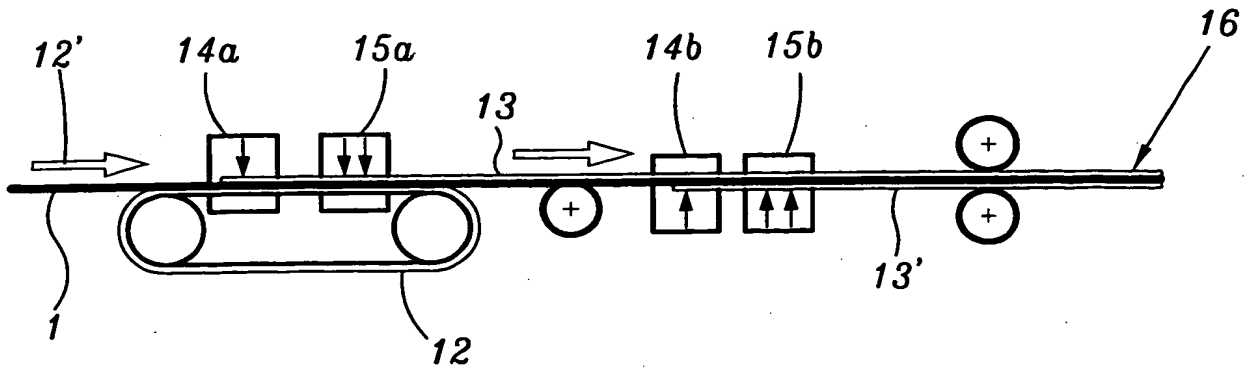
20 28.- Pièce magnétique suivant la revendication 23, caractérisée par le fait qu'elle constitue un transformateur (44) intégré à un circuit imprimé ou un transformateur discret.

29.- Bande stratifiée constituée d'au moins une bande en alliage nanocristallin recouverte sur au moins une de ses faces par une couche de revêtement comportant au moins un matériau polymère.

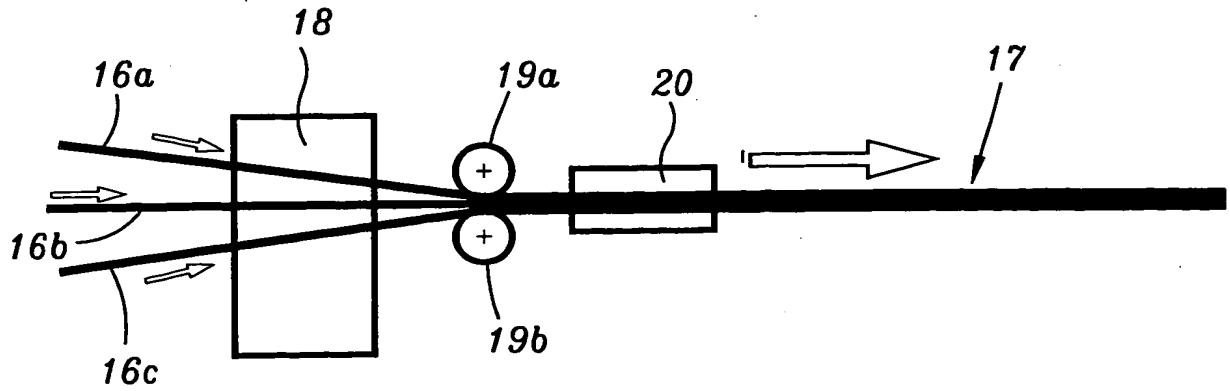
1/5

**FIG.1****FIG.2**

2/5

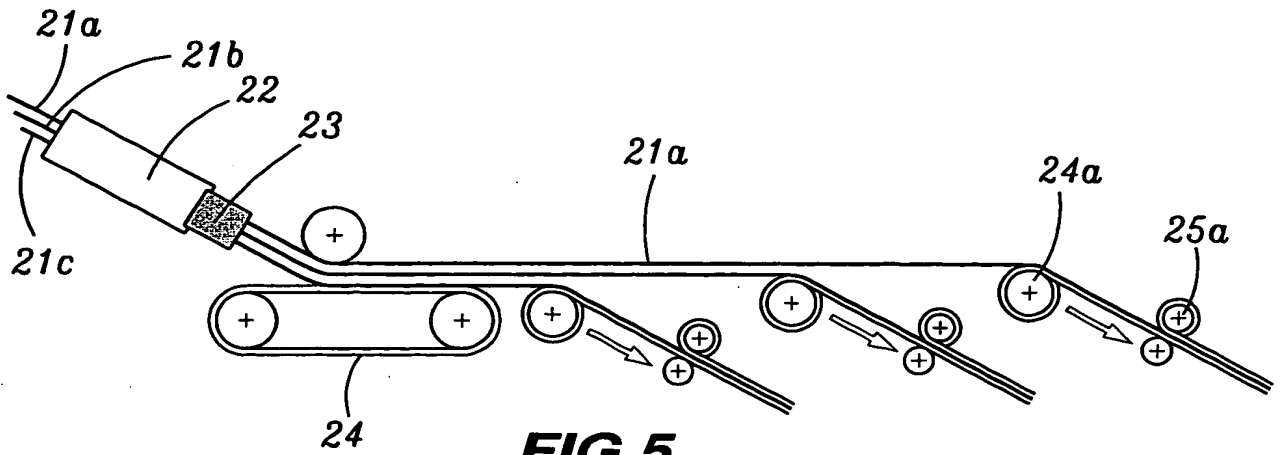


**FIG. 3**

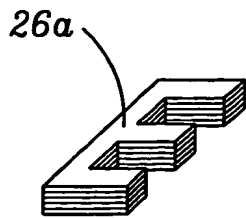


**FIG. 4**

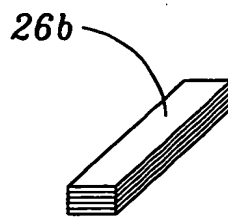
3/5



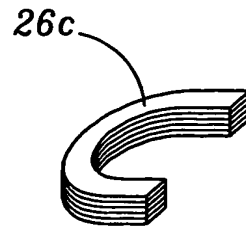
**FIG. 5**



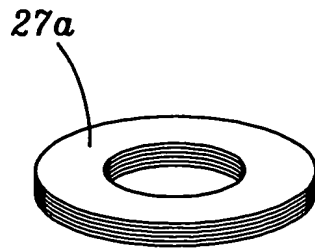
**FIG. 6A**



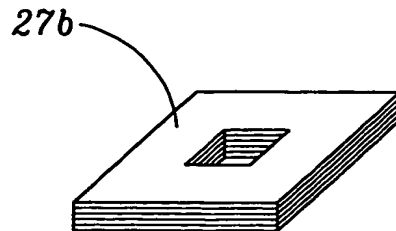
**FIG. 6B**



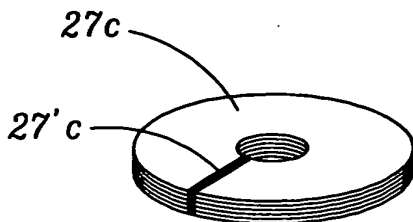
**FIG. 6C**



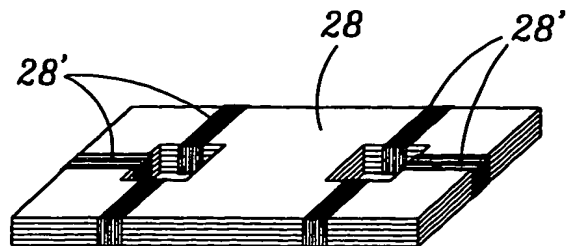
**FIG. 7A**



**FIG. 7B**



**FIG. 7C**



**FIG. 8**

4/5

